

18.07.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 05 SEP 2003

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 7 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 1 1 3 8 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 1 1 3 8 7]

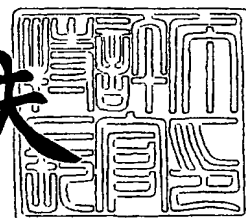
出 願 人 株 式 会 社 フ ジ ク ラ
Applicant(s):

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 8 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 20020527

【提出日】 平成14年 7月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01M 11/02

【発明の名称】 光ファイバの偏波モード分散の測定方法

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 谷川 庄二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 佐川 智春

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 松尾 昌一郎

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 姫野 邦治

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内

【氏名】 原田 光一

【特許出願人】

【識別番号】 000005186

【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704943

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバの偏波モード分散の測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パルス光発生手段と、

該パルス光発生手段により発生されたパルス光を被測定光ファイバの一端に入射させるとともに、該被測定光ファイバの一端に戻ってきた後方散乱光を出射する光周回手段と、

該光周回手段から出射された後方散乱光の光強度をパルス光発生からの時系列として検出する光検出手段と、

該光検出手段の出力に基づいて、光ファイバの偏波モード分散を解析する解析手段と、

被測定光ファイバへの入力光と被測定光ファイバからの出力光とを同方向の単一直線偏波とする少なくとも 1 個の偏光分離手段と、

を具備する測定装置を用いることを特徴とする光ファイバの偏波モード分散の測定装置。

【請求項 2】 前記偏光分離手段が、前記光周回手段と被測定光ファイバとの間に 1 個設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 3】 前記偏光分離手段が、偏波合分波型カプラであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 4】 汎用 O T D R 装置と、被測定光ファイバへの入力光と被測定光ファイバからの出力光とを同方向の単一直線偏波とする偏光分離手段とを具備する測定装置を用いることを特徴とする光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 5】 さらに、前記汎用 O T D R 装置と前記偏光分離手段との間に、光増幅手段を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 6】 単一直線偏波としたパルス光を被測定光ファイバに入力し、この入力パルス光による後方散乱光から、前記入力パルス光と同方向の単一直線

偏波を分離したのち、その光強度をパルス光発生からの時系列データとして検出し、この時系列データにおける光強度のばらつきを算出し、この算出値に基づいて、前記被測定光ファイバの偏波モード分散を評価することを特徴とする光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 7】 被測定光ファイバの所定の区間について測定された前記光強度のばらつきを、偏波モード分散が既知の光ファイバについて同様の方法により測定された光強度のばらつきと比較することにより、前記被測定光ファイバの所定の区間の偏波モード分散を評価することを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 8】 前記光強度のばらつきは、最小二乗法による回帰残差のばらつきとして算出することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 9】 前記光強度のばらつきの尺度が、標準偏差であることを特徴とする請求項 6 ないし 8 のいずれかに記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【請求項 10】 前記光強度のばらつきの尺度が、最大値と最小値との差であることを特徴とする請求項 6 ないし 8 のいずれかに記載の光ファイバの偏波モード分散の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に用いられ、複屈折率が比較的小さい光ファイバの偏波モード分散の測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信システムに用いられる光ファイバにおいては、コアの偏心や非円性、外部応力などにより、偏波モード分散（PMD）が生じることがある。偏波モード分散とは、光ファイバを伝搬する光の直交する 2 つの偏波モード間の群遅延差である。光ファイバの偏波モード分散が大きいと、この群遅延差によりパルス幅が

拡がるため、伝送速度の高速化を妨げる要因の一つになる。このため、光通信システムの設計や構築に際し、光ファイバの偏波モード分散がどのようになっているのか、測定する必要がある。従来、光ファイバの偏波モード分散の測定方法としては、干渉法やジョーンズマトリクス法等が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の測定方法では、光ファイバの全長で累積された偏波モード分散しか測定することができない。このため、例えば、既設線路の高速化のため、偏波モード分散が大きい不良区間を除去しようとしても、その不良区間の特定が難しく、長い区間の光ファイバの張替えを行うか、短い区間で偏波モード分散の測定を繰り返して不良区間を特定する必要があり、不都合であった。

また、光ファイバから光通信ケーブルを製造するに際しても、予め、光ファイバの偏波モード分散の小さい区間を選別することができず、光ファイバをケーブル化したのち、それぞれのケーブルについて偏波モード分散を測定して検査する必要がある。このため、検査の手間が掛かるとともに、検査によって不良と判定された光通信ケーブルについては、ケーブル化に要したコストが無駄になる。

さらに、偏波モード分散の測定の際、被測定光ファイバの一端に投光部を、他端に受光部を設ける必要があるが、既設線路の所定の区間を対象とする場合などでは、投光部と受光部との距離が極めて遠くなるため、測定系の同期を取ることが難しいという不都合がある。

【0004】

これらの問題に対して、レーリー散乱光を利用して偏波モード分散の長手方向の分布を測定する方法が提案されている。（例えば、B. ハットナーら、ジャーナル・オブ・ライドウェーブ・テクノロジー誌、17巻、10号、1843-1848頁；富岡ら、2002年電子情報通信学会総合大会、B-10-113；特開平2000-329651号公報など参照。）

【0005】

しかし、これらの方法は、波長可変光源、偏波コントローラ、偏波アナライザ、位相検出器等の非常に高価な装置を必要とするため、実用とするにはコストが

高い。また、複数の偏光状態について測定を行うためには、測定時間が長くなったり、複数の光検出器を必要とするなどし、さらなるコスト増になる。

【0006】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、簡単な装置で容易に光ファイバの長手方向に亘る偏波モード分散の分布を得ることができる光ファイバの偏波モード分散の測定方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するため、本発明は、パルス光発生手段と、該パルス光発生手段により発生されたパルス光を被測定光ファイバの一端に入射させるとともに、該被測定光ファイバの一端に戻ってきた後方散乱光を出射する光周回手段と、該光周回手段から出射された後方散乱光の光強度をパルス光発生からの時系列として検出する光検出手段と、該光検出手段の出力に基づいて、光ファイバの偏波モード分散を解析する解析手段と、被測定光ファイバへの入力光と被測定光ファイバからの出力光とを同方向の単一直線偏波とする少なくとも1個の偏光分離手段とを具備する測定装置を用いる偏波モード分散の測定方法を提供する。

前記偏光分離手段は、前記光周回手段と被測定光ファイバとの間に1個設けることが好ましく、また、偏波合分波型カップラを用いることが好ましい。

【0008】

また、本発明は、汎用OTDR装置と、被測定光ファイバへの入力光と被測定光ファイバからの出力光とを同方向の単一直線偏波とする偏光分離手段とを具備する測定装置を用いる偏波モード分散の測定方法を提供する。

このような測定方法においては、さらに、前記汎用OTDR装置と前記偏光分離手段との間に、光増幅手段を備えることが好ましい。

【0009】

このような測定方法により、単一直線偏波としたパルス光を被測定光ファイバに入力し、この入力パルス光による後方散乱光から、前記入力パルス光と同方向の単一直線偏波を分離したのち、その光強度をパルス光発生からの時系列データとして検出し、この時系列データにおける光強度のばらつきを算出し、この算出

値に基づいて、前記被測定光ファイバの偏波モード分散を評価することができる。

【0010】

被測定光ファイバの偏波モード分散を評価するには、該被測定光ファイバの所定の区間について測定された前記光強度のばらつきを、偏波モード分散が既知の光ファイバについて同様の方法により測定された光強度のばらつきと比較することにより、前記被測定光ファイバの所定の区間の偏波モード分散を評価することが好ましい。

前記光強度のばらつきは、最小二乗法による回帰残差のばらつきとして算出することが好ましい。ばらつきの尺度としては、標準偏差や、最大値と最小値との差を用いることが好ましい。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態に基づいて、本発明を詳しく説明する。

図1に、本発明の偏波モード分散の測定方法に用いられる測定装置の第1例を示す。この測定装置1は、タイミング制御手段10と、パルス光発生手段11と、第1および第2の偏光分離手段12a、12bと、光周回手段13と、光検出手段14と、解析手段15とを備えている。

【0012】

タイミング制御手段10は、パルス光の出力タイミングに対応したタイミング信号を、パルス光発生手段11、光検出手段14、解析手段15にそれぞれ出力する。タイミング信号は所定の時間幅を有するパルス状の信号である。

パルス光発生手段11は、数kHzの波長の連続光を出射するもので、タイミング制御手段10から入力されたタイミング信号をトリガとして所定の波長の光パルスを出射する。このタイミング信号の信号幅を制御することによって光パルスの幅を適当に制御することができる。パルス光発生手段11としては、例えば、外部共振器付き半導体レーザ、半導体レーザ励起固体レーザ等が好適に用いられる。

【0013】

第1および第2の偏光分離手段12a、12bは、それぞれ入力パルス光および後方散乱光から特定の方向の単一直線偏光を分離するものであり、これらの偏光分離手段12a、12bが分離する単一直線偏波の方向は、同じ方向に調整されている。これらの偏光分離手段12a、12bとしては、バルク型偏光子などを用いることもできるが、偏波合分波型カプラは、低損失であり、高い信頼性を備えるので、ダイナミックレンジや長期信頼性の点から好ましい。偏光分離手段12a、12bとして使用できる偏波合分波型カプラとしては、例えば、特開2001-51150号公報に記載のものを用いることができる。

【0014】

光周回手段13は、パルス光発生手段11から入射された光を被測定光ファイバ2に入射させるとともに、被測定光ファイバ2からの後方散乱光を光検出手段14に出射する光部品である。この光周回手段13としては、サーキュレータ、ビームスプリッタ、方向性結合器などが好適に用いられる。

【0015】

光検出手段14は、タイミング制御手段10から送られた制御信号に基づいて、パルス光の発生時点を知り、パルス光発生時点からの時系列として、第2の偏光分離手段12bにより偏光化された後方散乱光の光強度を時間領域で測定する。これには、A/D変換器などの光検出器を用いることができる。

【0016】

解析手段15は、光検出手段14により検出された時系列データにおける光強度のばらつきに基づいて、後述の方法により、被測定光ファイバ2の長手方向に亘る偏波モード分散の分布を解析する装置である。これには、被測定光ファイバ2における距離と光強度との関係で表された時系列データを統計的に解析することができるような計算装置を用いることができる。

【0017】

次に、上述の測定装置1を用いた光ファイバの偏波モード分散の測定方法を説明する。

まず、パルス光発生手段11と第1の偏光分離手段12aを用いて、単一直線偏波としたパルス光を発生させ、これを光周回手段13を介して被測定光ファイ

バ2に入力する。被測定光ファイバ2に入力された入力パルス光は、被測定光ファイバ2を伝播する間に、レイリー散乱により後方に散乱され、測定装置1に戻ってくる。この後方散乱光から、第2の偏光分離手段12bを用いて、入力パルス光と同方向の単一直線偏波を分離したのち、光検出手段14により、光強度をパルス光発生からの時系列データとして検出する。

【0018】

このようにして得られた光強度の時系列データは、例えば図2に示すように、横軸はパルス光発生からの時間、縦軸は光強度として測定される。パルス光発生からの時間は、測定装置1と被測定光ファイバ2における後方散乱光の発生箇所との間を光が往復するのに要する時間であり、これは、測定装置1と後方散乱光の発生箇所との間の距離に対応する。このような時系列データにおいて、後方散乱光の光強度には、ばらつきが生じている。

【0019】

本発明者が鋭意検討した結果、入力パルス光を単一直線偏波とし、後方散乱光の光強度を、入力パルス光と同方向の単一直線偏波成分として検出した場合、光ファイバの偏波モード分散と、後方散乱光の光強度のばらつきには、単調な関係があり、偏波モード分散が大きいほど、光強度のばらつきが小さくなり、偏波モード分散が小さいほど、光強度のばらつきが大きくなる傾向を有していることが分かった。

【0020】

この理由としては、以下のような理由が考えられる。

被測定光ファイバ2を伝搬するパルス光は、偏波モード分散により偏波状態が変化するが、偏波モード分散が大きいほど、より短い距離で変化する。

一方、測定装置1の空間分解能は、パルス光発生手段11より発生するパルス光の被測定光ファイバ2中での長さと、光検出手段14の時間分解能から決定される。

偏波モード分散が大きい場合には、被測定光ファイバ2中を伝搬するパルス光の偏波状態は、測定装置1の空間分解能よりも十分に短い距離で変化するために、後方散乱光の、入力パルス光と同方向の直線偏波成分は平均化され、光強度の

ばらつきが小さくなる。

一方、偏波モード分散が小さい場合には、パルス光の偏波状態の変化は、測定装置 1 の空間分解能と同程度、もしくは空間分解能よりも長い距離で変化するために、後方散乱光の、入力パルス光と同方向の直線偏波成分は平均化されることがなく、光強度のばらつきは大きくなる。

従って、光強度のばらつきに基づいて、光ファイバの偏波モード分散を評価することができる。

【0021】

次に、得られた時系列データにおける光強度のばらつきから光ファイバの所定の区間の偏波モード分散を評価する方法について説明する。

光強度のばらつきを指標化するためには、まず、ばらつきの中心となる代表値を算出する必要がある。この代表値としては、例えば、当該区間内の光強度の平均値を用いることもできる。しかし、一般に、後方散乱光の光強度は入力パルス光の減衰により、距離が遠くなるにつれてほぼ一定の割合で減衰する。このため、距離と光強度の関係について被測定光ファイバ 2 の全長に亘り、最小二乗法により線形回帰を行い、この回帰推定量を前記代表値とし、光強度の測定値から最小二乗推定量を差し引いて得られる回帰残差に基づいて、光強度のばらつきを算出することが好ましい。これにより、距離による光強度の減衰の影響を相殺することができる。例として、図 2 の光強度の分布から、回帰残差の分布を算出した結果を図 3 に示す。このように、光強度を回帰残差に変換することにより、そのばらつきは、0 を中心としたものになる。

【0022】

光強度の回帰残差のばらつきは、統計学的に一般的に用いられている適切な尺度として指標化することができる。このような尺度としては、標準偏差、最大値と最小値との差（レンジ）、平均偏差、平均差等が挙げられるが、中でも、標準偏差は不偏であり、レンジは算出が容易であるので好ましい。

【0023】

偏波モード分散の分布を求めるための区間の長さは、被測定光ファイバ 2 のビート長に合わせて決定することが好ましい。なお、ビート長とは、互いに直交す

るX偏波およびY偏波の位相差が光ファイバ中を伝播する間に 2π 増加する長さをいう。通常のシングルモード光ファイバでは、ビート長は数～数十mであるので、区間の長さをビート長の2～10倍とすることが好ましく、100m程度が適当である。これにより、偏波の位相差による測定値の偏りが十分に平均化され、有意義な値を得ることができる。

例として、図3に示す光強度の回帰残差の分布から、100m間隔で光強度のばらつきを算出した結果を、図4に示す。この図から分かるように、ビート長より十分長い区間長をとることにより、著しい振動や変動を平均化し、実際の偏波モード分散の分布に即したグラフを得ることができる。

【0024】

上述のような手順により、各区間において、光強度の回帰残差のばらつきの尺度を求めれば、これは、当該区間の偏波モード分散と高い相関を示す。そこで、ジョーンズマトリクス等の公知の方法により偏波モード分散が測定されている光ファイバを標準として、この標準光ファイバについて、光強度の回帰残差のばらつきの尺度を測定することにより、偏波モード分散と光強度の回帰残差のばらつきとの関係を求めることができる。そして、標準光ファイバの光強度の回帰残差のばらつきと、被測定光ファイバ2の光強度の回帰残差のばらつきとを比較することにより、被測定光ファイバ2の所望の区間の偏波モード分散を評価することができる。

標準光ファイバとしては、被測定光ファイバ2と材料や光学特性などが同種類であるものを用いることが好ましい。さらに、光強度の回帰残差のばらつきが、長手方向の全長に亘ってほぼ一様であるものを選択することが好ましい。

【0025】

次に、本発明の偏波モード分散の測定方法に用いられる測定装置の他の例について説明する。

図5に示す測定装置の第2例は、偏光分離手段12を光周回手段13と被測定光ファイバ2の間に配置することにより、入力パルス光と後方散乱光のいずれにも適用されるようにしたものである。他の構成は、図1に示す測定装置1の第1例と同様の構成とすることができる。この測定装置1によれば、必要な偏光分離

手段 12 の個数を 1 個にすることができるので、測定装置 1 をより低価格にすることができる。しかも、図 1 に示す測定装置 1 では、第 1 の偏光分離手段 12 a と第 2 の偏光分離手段 12 b の方向を調整して、入力パルス光の偏波方向と後方散乱光の偏波方向を一致させる必要があったが、本実施の形態の測定装置 1 によれば、このような調整をする必要がない。

【0026】

図 6 に示す測定装置 1 の第 3 例は、汎用の OTDR 装置 3 と偏光分離手段 12 とを備える装置である。偏光分離手段 12 は、OTDR 装置 3 と被測定光ファイバ 2 との間に配置されている。OTDR 装置 3 には、タイミング制御手段 10、パルス光発生手段 11、光周回手段 13、光検出手段 14、解析手段 15 が含まれていることにより、図 1 に示す測定装置 1 と同様の測定を実施することができる。これにより、偏波モード分散を測定するときに汎用 OTDR 装置 3 と偏光分離手段 12 を組み合わせ、不要なときには偏光分離手段 12 を取り外し、通常の汎用 OTDR 装置 3 として使用することができるので、偏波モード分散の測定を一層簡便に行うことができる。

【0027】

図 7 に示す測定装置 1 の第 4 例は、図 3 に示す測定装置 1 の OTDR 装置 3 と偏光分離手段 12 との間に、入力パルス光を増幅するための光増幅手段 30 を付け加えて配置したものである。この光増幅手段 30 は、光アンプ 31 と、2 個のサーキュレータ 32 と、迂回用伝送路 33 からなる。サーキュレータ 32 の周回方向は、入力パルス光が光アンプ 31 側を伝播し、後方散乱光が迂回用伝送路 33 を伝播するようなものとされている。これにより、入力パルス光のみが増幅され、後方散乱光は偏光分離手段 12 により単一直線偏波成分を分離されたあと、そのまま OTDR 装置 3 に入射するので、より長距離の測定が可能になる。しかも、各部品は特殊なものではなく、すべて汎用品を使用できるので、コストが低減される。

【0028】

次に、本発明を実施例に基づいてより詳しく説明する。

偏波モード分散が長手方向の全長に亘ってほぼ一様であり、ジョーンズマトリ

クス法により $0.04 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 、 $0.09 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 、 $0.12 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ の標準となるシングルモード光ファイバについて、単一直線偏波としたパルス光を入力し、それによる後方散乱光の入力パルス光と同方向の単一直線偏波成分の強度を測定したものをそれぞれ、図 8 (a) ~ (c) に示す。これらの結果に示されているように、偏波モード分散が大きいほど、光強度の変動幅が小さくなっている。

【0029】

図 9 に、ジョーンズマトリクス法により求められた偏波モード分散の測定結果と、本測定方法により測定された光強度のばらつきとの関係を示す。横軸はジョーンズマトリクス法にて測定された偏波モード分散であり、縦軸は、本発明の測定方法を用いて測定された光強度の回帰残差の標準偏差である。ジョーンズマトリクス法と本発明の測定方法とのいずれにおいても、それぞれの標準光ファイバについて、測定を時間をおいて 5 回繰り返し、その平均値をとっている。

図 9 に示すように、偏波モード分散と光強度のばらつきとの間に、非常によい相関が得られている。これにより、本発明の測定方法により、光ファイバの偏波モード分散を評価することが可能であることが分かる。

【0030】

次に、上記図 5 の装置を用いて光強度の時系列測定を行った。ここで用いた被測定光ファイバ 2 は、ジョーンズマトリクス法により偏波モード分散が既知のシングルモード光ファイバを 1.2 km ずつ、18 本用意し、これらを順に接続したものである。

図 10 に、上記被測定光ファイバ 2 についての光強度の時系列データを示す。図 10 (a) は全体を、図 10 (b) は測定装置に近い側の 4 本分を示している。このように、被測定光ファイバ 2 の長手方向に偏波モード分散の変化が存在している場合、それに対応して光強度のばらつきが変化していることが分かる。

【0031】

上記被測定光ファイバ 2 の各区分について測定された。図 11 に、光強度のばらつきと、ジョーンズマトリクス法によって測定された偏波モード分散との関係の一例を示す。

図 11 中、■は、上記被測定光ファイバ 2 に対する結果であり、◆は、図 9 に示す標準光ファイバに対する結果である。図 11 に示す結果から明らかなように、長手方向に 18 本の光ファイバを接続し、総延長を約 21.6 km とした場合でも、偏波モード分散と光強度のばらつきとの相関関係は図 9 の結果と同様の傾向を示し、偏波モード分散が $0.10 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ を超える区間と、下回る区間とを、明瞭に識別することができた。

【0032】

すなわち、複屈折率が比較的小さく、偏波モード分散が $0.01 \sim 0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 程度となる光ファイバについて、長手方向の偏波モード分散の分布を十分実用的な程度に測定し、偏波モード分散が比較的大きい不良区間と比較的小さい優良区間とを一回の測定にて区別することができた。

なお、偏波モード分散と光強度のばらつきとの相関にずれが見られるのは、被測定光ファイバ 2 についてのジョーンズマトリクス法の測定を、各区間 1 回ずつのみ行ったためであり、ジョーンズマトリクス法の誤差の影響（標準偏差は約 $0.01 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ ）を受けているためである。

【0033】

さらに、図 7 に示すように光増幅手段 30 を用いて被測定光ファイバ 2 に入出力されるパルス光および後方散乱光を増幅して測定したところ、測定可能距離を約 30 km とし、光増幅手段 30 を用いない場合に比べて、1.5 倍に延長することができた。また、本発明による偏波モード分散の測定値は、測定ジョーンズマトリクス法により測定した偏波モード分散の測定値とほぼ一致した。

【0034】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光ファイバの偏波モード分散の測定装置および測定方法によれば、波長可変光源、偏波コントローラ、偏波アナライザ、位相検出器も必要とせず、簡便な装置を用いて、実用的な精度にて、光ファイバの偏波モード分散の長手方向の分布を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 偏波モード分散の測定装置の第 1 例を示す概略構成図である。

【図 2】 被測定光ファイバにおける長手方向の距離と、後方散乱光の光強度との関係の一例を示すグラフである。

【図 3】 被測定光ファイバにおける長手方向の距離と、後方散乱光の光強度の回帰残差との関係の一例を示すグラフである。

【図 4】 被測定光ファイバにおける長手方向の距離と、後方散乱光の光強度の回帰残差の所定間隔毎の標準偏差との関係の一例を示すグラフである。

【図 5】 偏波モード分散の測定装置の第 2 例を示す概略構成図である。

【図 6】 偏波モード分散の測定装置の第 3 例を示す概略構成図である。

【図 7】 偏波モード分散の測定装置の第 4 例を示す概略構成図である。

【図 8】 偏波モード分散が既知である標準光ファイバの後方散乱光の光強度の例を示すグラフである。

【図 9】 標準光ファイバにおける光強度のばらつきと偏波モード分散との関係の一例を示すグラフである。

【図 1 0】 被測定光ファイバにおける長手方向の距離と、後方散乱光の光強度の回帰残差との関係の一例を示すグラフである。

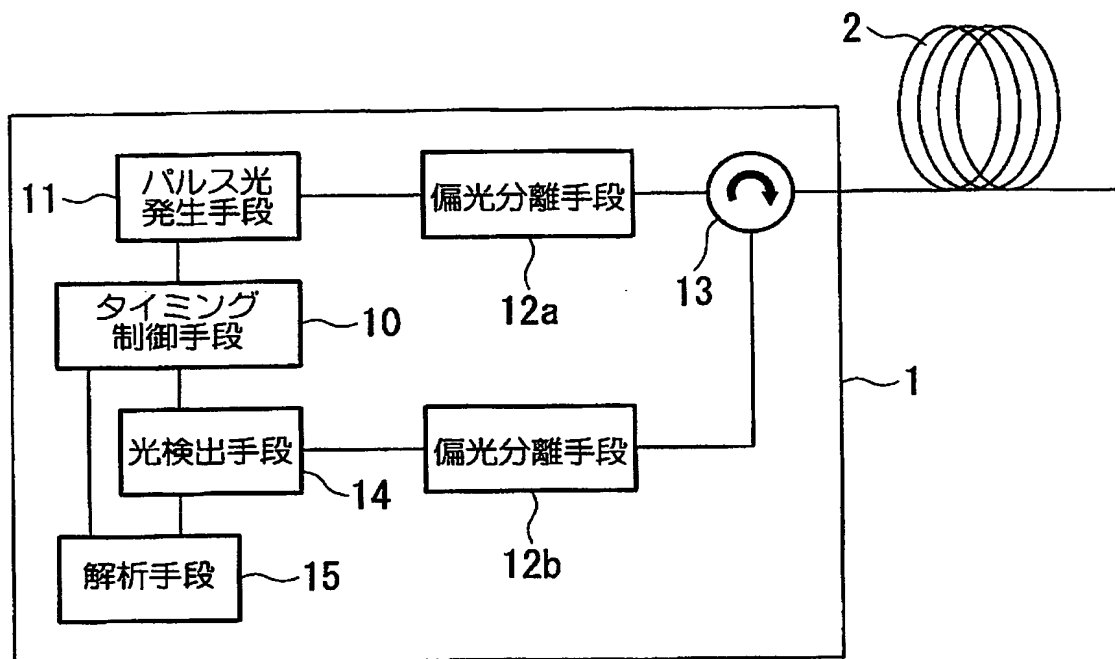
【図 1 1】 被測定光ファイバにおける光強度のばらつきと偏波モード分散との関係の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

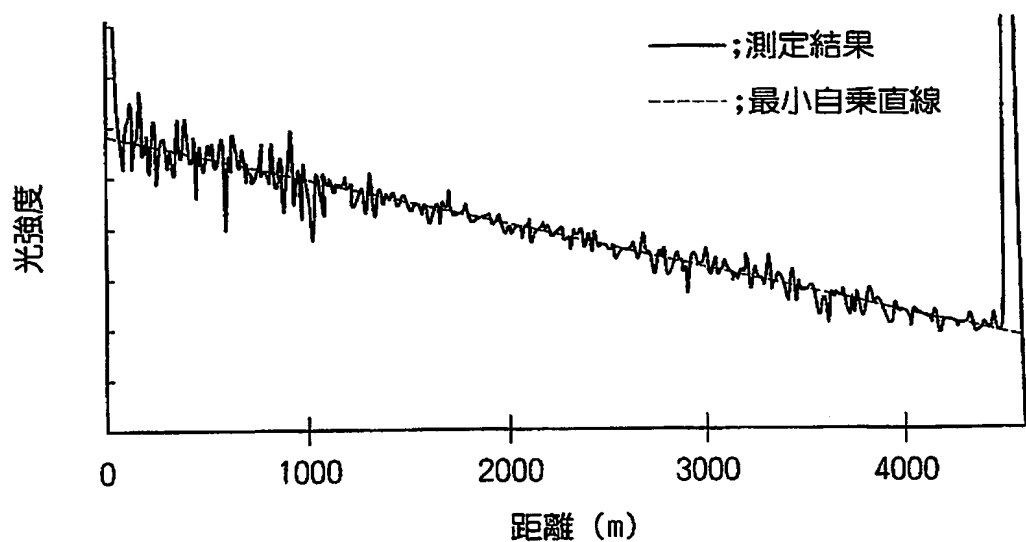
1…測定装置、2…被測定光ファイバ、3…OTDR装置、11…パルス光発生手段、12（12a、12b）…偏光分離手段、13…光周回手段、14…光検出手段、15…解析手段、30…光増幅手段。

【書類名】 図面

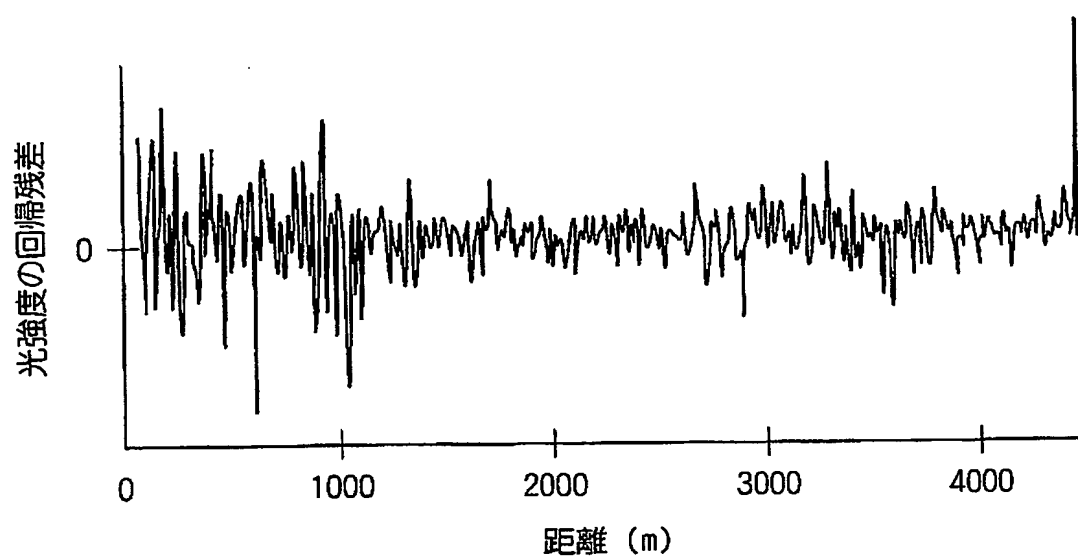
【図 1】



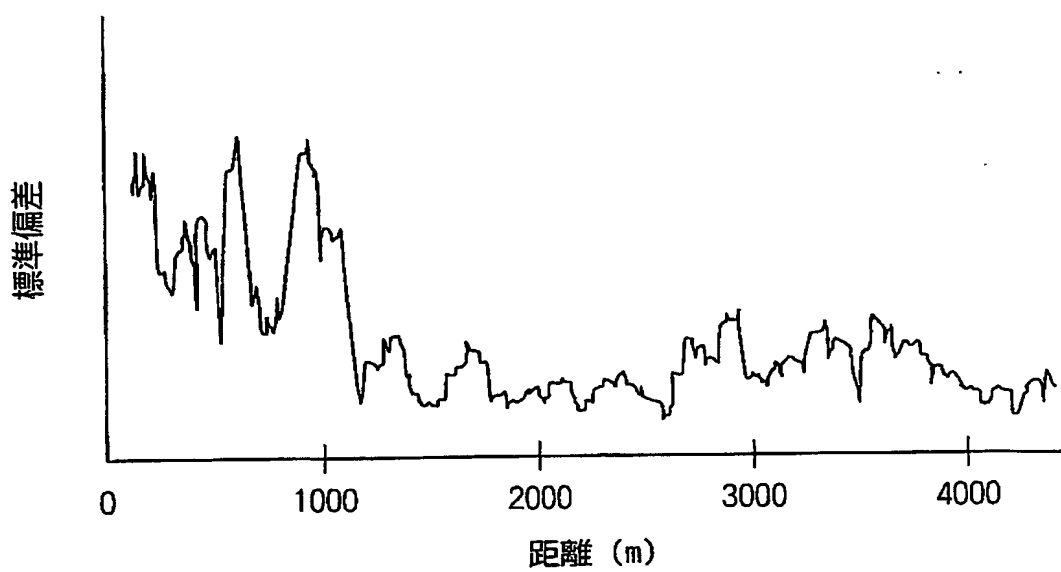
【図 2】



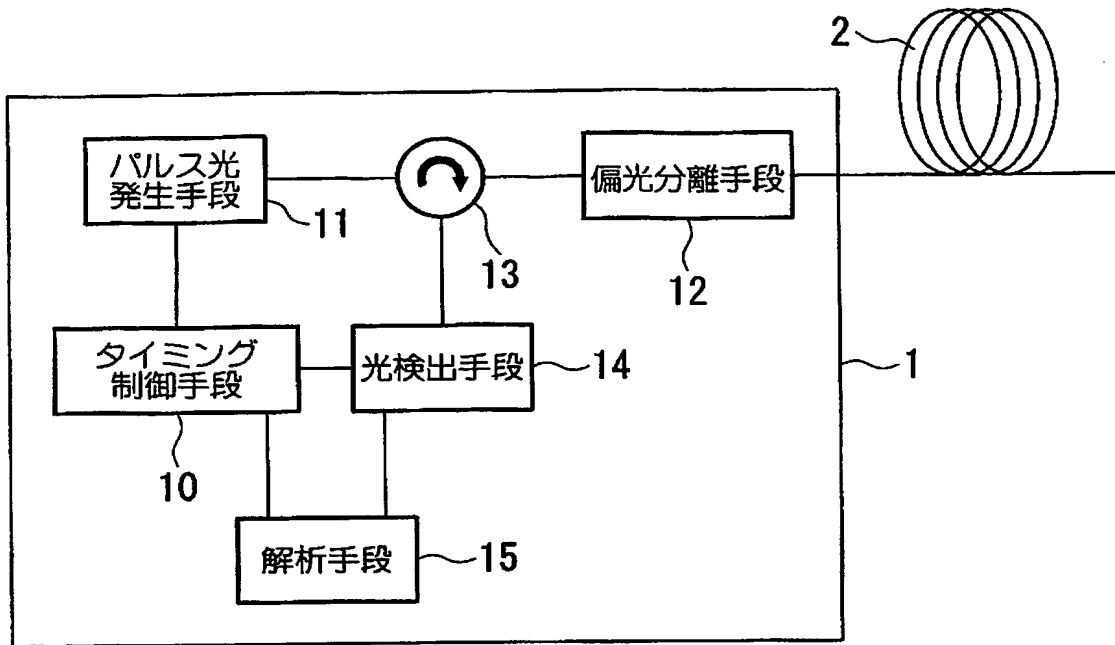
【図 3】



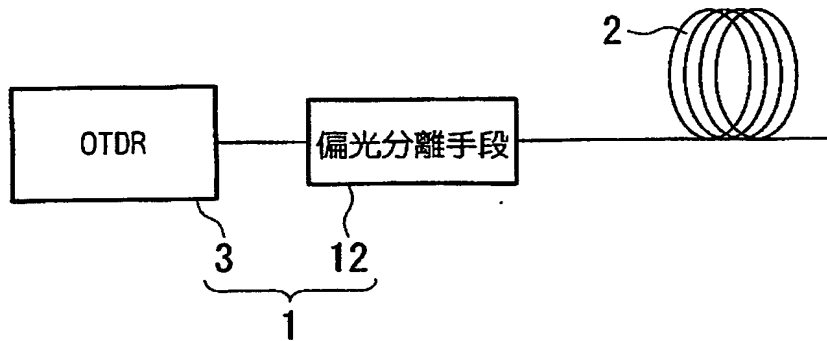
【図 4】



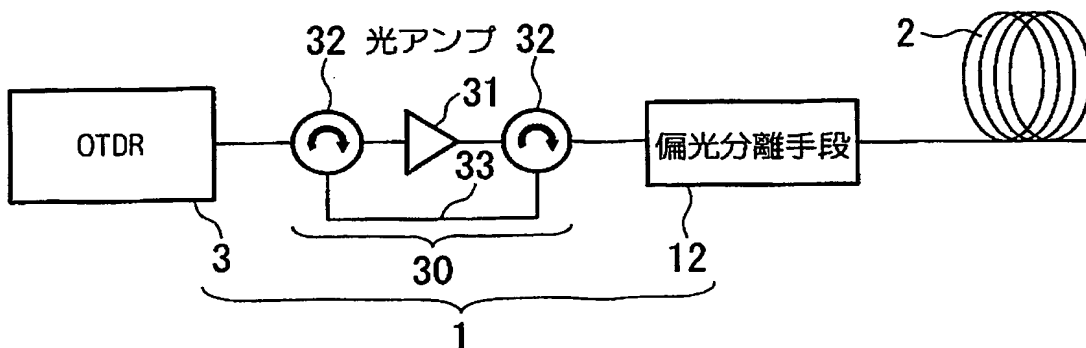
【図 5】



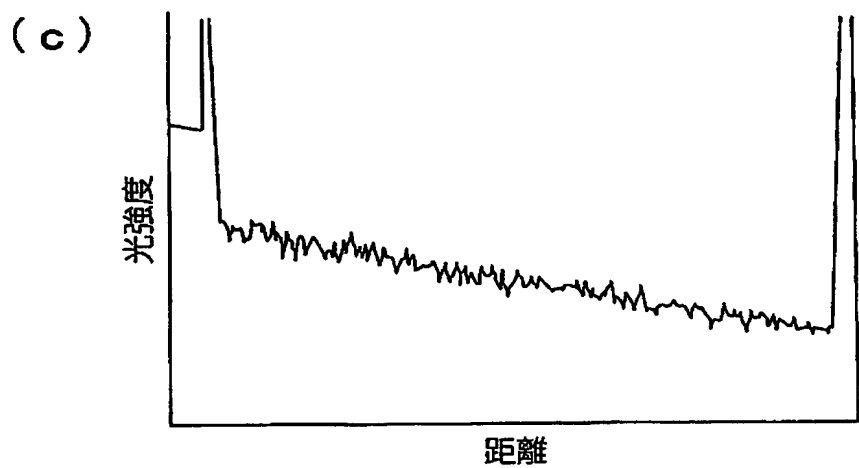
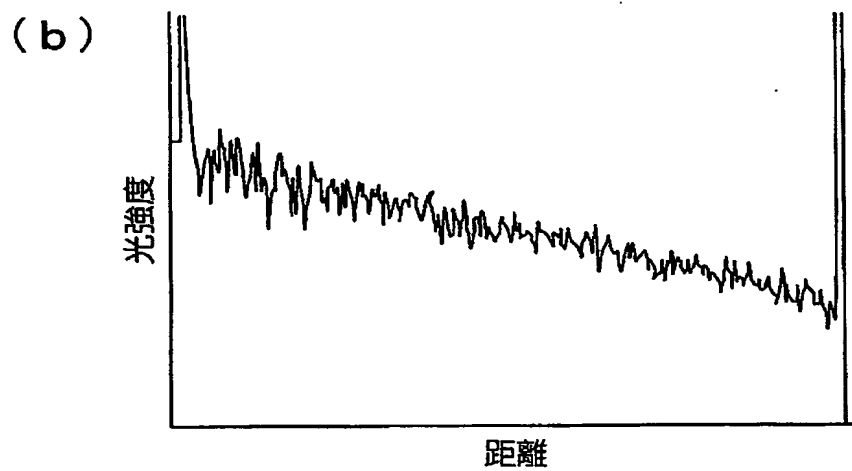
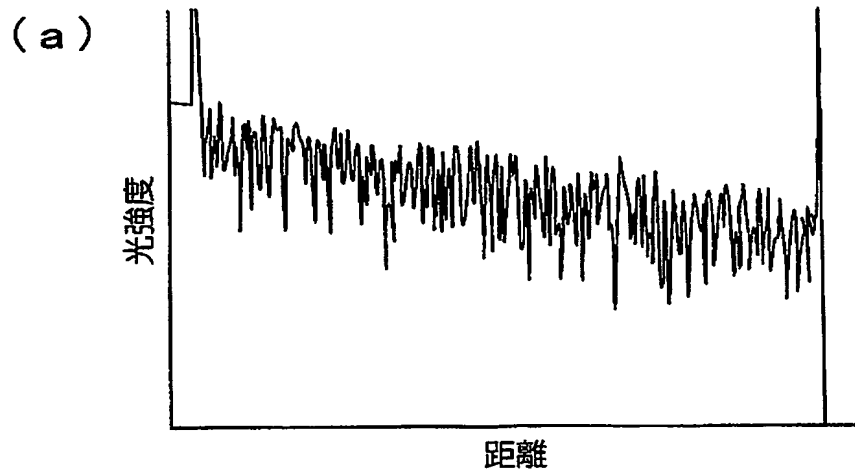
【図 6】



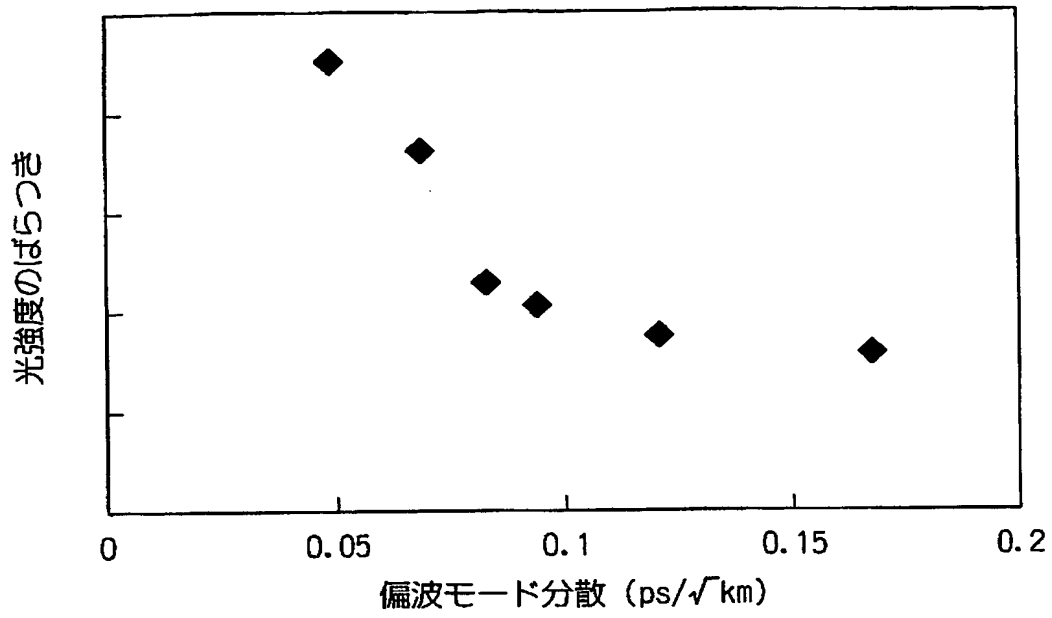
【図 7】



【図 8】

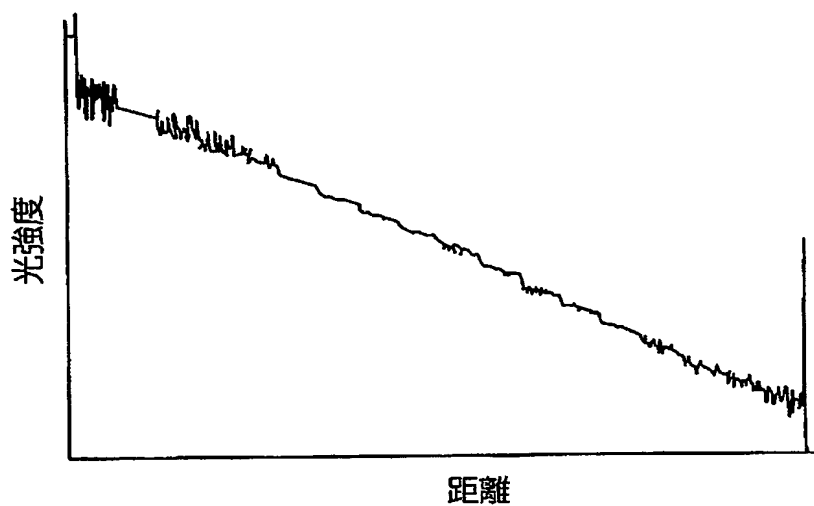


【図 9】

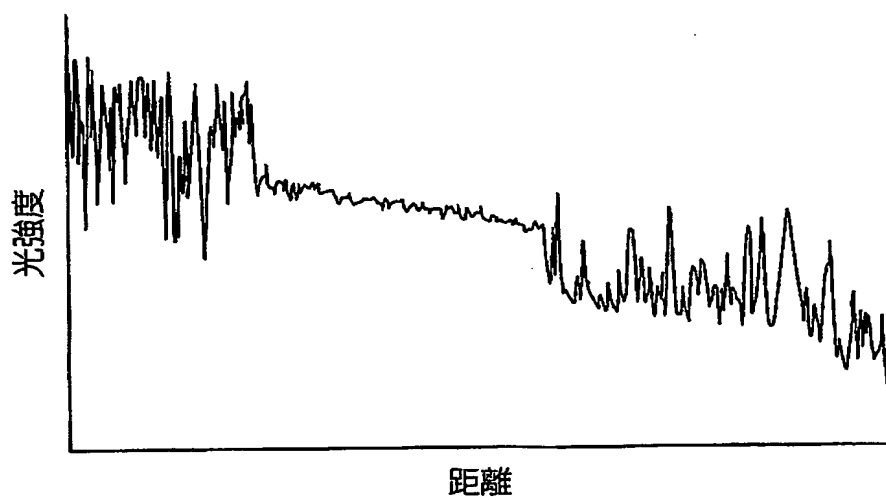


【図 10】

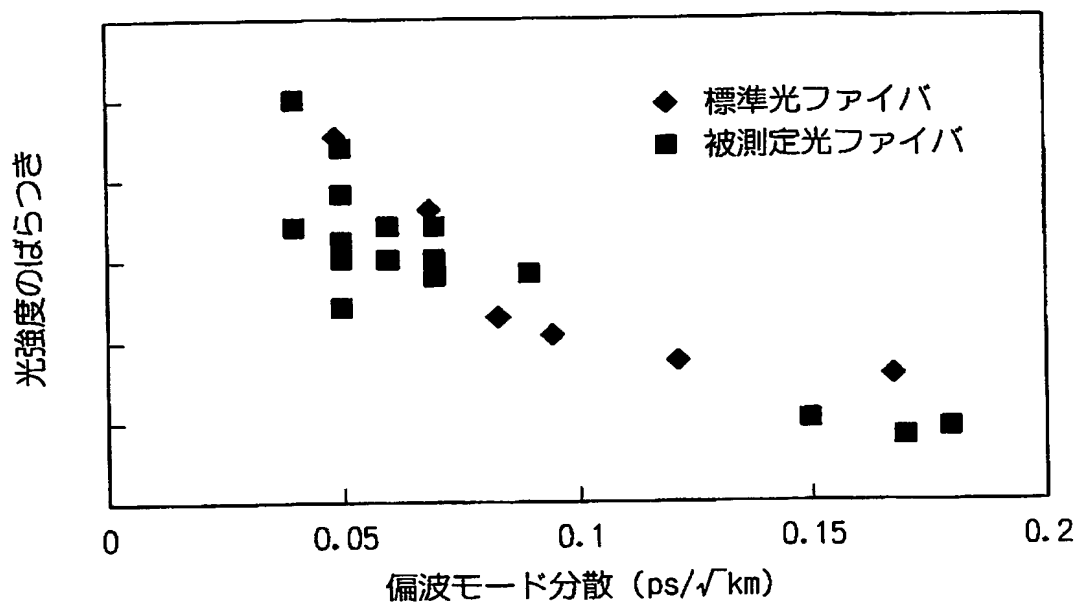
(a)



(b)



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な装置で容易に光ファイバの長手方向に亘る偏波モード分散の分布を得ることができる測定装置および測定方法を提供する。

【解決手段】 パルス光発生手段 11 と、これにより発生されたパルス光を被測定光ファイバ 2 の一端に出射するとともに、該被測定光ファイバ 2 の一端に戻ってきた後方散乱光を出射する光周回手段 13 と、該光周回手段 13 から出射された後方散乱光の光強度をパルス光発生からの時系列として検出する光検出手段 14 と、該光検出手段 14 の出力に基づいて、光ファイバの偏波モード分散を解析する解析手段 15 と、被測定光ファイバ 2 への入力光と被測定光ファイバ 2 からの出力光とを同方向の単一直線偏波とする少なくとも 1 個の偏光分離手段 12a、12b とを具備する偏波モード分散の測定装置 1 を用い、後方散乱光の光強度のばらつきに基づいて、偏波モード分散を評価する。

【選択図】 図 1

特願 2002-211387

出願人履歴情報

識別番号

[000005186]

1. 変更年月日

1990年 8月16日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都江東区木場1丁目5番1号

氏 名

藤倉電線株式会社

2. 変更年月日

1992年10月 2日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都江東区木場1丁目5番1号

氏 名

株式会社フジクラ